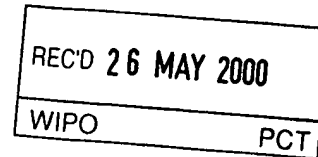


## BUNDES REPUBLIK DEUTSCHLAND



## Bescheinigung



Die Sächsische Elektronenstrahl GmbH in Chemnitz/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Verfahren zur Herstellung einer Nockenwelle und danach hergestellte Nockenwelle"

am 9. Juli 1999 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig die Symbole B 23 P und B 21 D der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 16. Mai 2000

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Jerofsky

Aktenzeichen: 199 32 810.2

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

### **Verfahren zur Herstellung einer Nockenwelle und danach hergestellte Nockenwelle**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Nockenwellen und eine nach diesem Verfahren hergestellte Nockenwelle. Vorzugsweise handelt es sich um Nockenwellen für Motoren für Kraftfahrzeuge, jedoch ist das Verfahren auch geeignet, um ähnliche Erzeugnisse, wie z.B. auf einer Welle angeordnete Kurvenscheiben herzustellen. Das sind Elemente, die eine Rotationsbewegung in Hubbewegung umsetzen, indem die Hubelemente auf rotierenden Scheiben mit unterschiedlicher Krümmung laufen und entgegen der Drehrichtung bewegt werden.

Es sind Nockenwellen bekannt, die aus einem Stück hergestellt, d.h. geschmiedet oder gegossen sind. Die Laufflächen der Nocken, die dem Verschleiß unterliegen, sind nach einer mechanischen spanenden Bearbeitung durch Laserstrahlen, Elektronenstrahlen oder WIG umgeschmolzen oder z.B. Induktiv oder einem thermisch / chemischen Prozeß gehärtet. Danach erfolgt die weitere mechanische Behandlung, z.B. das Schleifen der Lager und der Nockenformen. Diese Nockenwellen haben den Nachteil, daß ihr Gewicht und die damit zu bewegende Masse sehr hoch ist. Die hohe Masse der Nockenwelle wirkt sich nachteilig auf den Kraftstoffverbrauch aus. Ein weiterer Nachteil ist der hohe mechanische Aufwand bei der Bearbeitung des Rohlings.

Es ist weiterhin bekannt, Nockenwellen aus Einzelteilen herzustellen. Die einzelnen Nocken werden auf die Welle gebracht und mit ihr vorzugsweise durch Schweißen verbunden oder aufgeschrumpft. Hierbei ist der Mangel des hohen Gewichts der massiven Kurvenscheiben aus einem Stück zwar beseitigt, denn die Welle kann eine Hohlwelle sein, jedoch ist der Aufwand der Herstellung noch sehr hoch.

In einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens ist es auch bekannt, die einzelnen Nocken auf der Hohlwelle derart zu befestigen, indem die Hohlwelle nach dem Aufschieben der Nocken durch Einwirken von Druck aufgeweitet wird. Als Druckmedien werden bevorzugt Flüssigkeiten verwendet. Der Druck wird mittels Kolben oder Stempel erzeugt ( DE 34 09 541 ; 35 21 206). Dieses Verfahren hat aber den Nachteil, daß die Herstellung der Einzelteile, insbesondere das Fügen , technologisch kompliziert ist und die Innenkontur der Nocken einschränkt.

Es ist weiterhin bekannt, Nockenwellen derart herzustellen, daß ein länglicher Hohlkörper, d.h. eine Hohlwelle durch Innenhochdruck-Umformverfahren (IHU-Verfahren genannt) Ausformungen als Nocken wirkend einzeln oder nacheinander oder gleichzeitig erzeugt werden.

Entsprechend zweiteilige oder vierteilige Werkzeuge gewährleisten durch das Nachschieben der Hohlwelle in axialer Richtung, daß die Nocken in ihrer Lage definiert entstehen und eine einstückige Ausformung erfolgt (WO 97/46341 ).

Die nach diesem Verfahren hergestellte Nockenwelle ist jedoch mit dem Mangel behaftet, daß zwar die Herstellungskosten gegenüber den geschmiedeten oder zusammengesetzten Nockenwellen geringer sind, aber die Verschleißfestigkeit der Nockenfläche ist unzureichend. Es ist nicht möglich, mit einem Material, welches die Verschleißfestigkeit gewährleistet, daß IHU-Verfahren auszuüben. Außerdem ist es nicht möglich bei geringem Abstand der Nocken auf der Welle, wie es in der Regel bei Kfz-Motoren erforderlich ist, eine ebene Laufläche der Nocken zu erzeugen, denn an den Stellen des höchsten Umformgrades wird zwangsläufig das Material geschwächt, was die Festigkeit negativ beeinflußt.

Wird ein Material für die Hohlwelle verwendet, welches zur Verringerung dieser Mängel beiträgt, so läßt dieses zwar eine gute Verformung zu, aber die Härte bzw. Verschleißfestigkeit ist selbst durch einen nachfolgenden Härteprozeß nicht erreichbar. Gerade die Härte und Verschleißfestigkeit der Nocken ist eine Grundvoraussetzung für eine hohe Lebensdauer der Nockenwellen im Kfz-Motor. Es ist auch sehr schwer, wenn überhaupt möglich, im gesamten Bereich der Nockenwelle, d.h. der Welle selbst und speziell den Flanken und Spitzen des Nockens die notwendigen Materialdicken zu erreichen.

Es ist weiterhin bekannt, die Nockenbahn bildende Rohrabschnitte mit einer exzentrischen Profilierung herzustellen und diese unter Anwendung eines Pressitzverbundes zu verstärken. Die Herstellung des Nockens erfolgt durch Explosivumformung eines Rohres. Die einzelnen Nocken werden entsprechend zueinander versetzt auf der Nockenwelle befestigt ( DD 243 223). Diese derzeit hergestellten Nockenwellen erfordern einen hohen Herstellungsaufwand und haben ein hohes Gewicht.

Es wurde bereits vorgeschlagen, eine Nockenwelle derart herzustellen, daß ein Rohr durch die Einwirkung axialer Kräfte und eines Mediums unter hohem Innendruck, d.h. durch das IHU – Verfahren zu verformen. In einem getrennten Herstellungsverfahren werden Tragringe gefertigt, die eine erforderliche Härte, Festigkeit und Verschleißfestigkeit aufweisen, wie die Forderungen an Nocken gestellt sind. Diese Tragringe werden gemeinsam mit dem umzuformenden Rohr in dem Innenhochdruck – Umformwerkzeug positioniert. Durch die Wirkung der axialen Kräfte und eines Mediums erfolgt unter Innenhochdruck das Aufweiten des Rohres. Dabei werden gleichzeitig die Tragringe als die künftigen Nocken kraft – und formschlüssig befestigt. (Patentanmeldung DE 199 09 184.6).

Dieses Verfahren hat die Mängel, daß bis zur Fertigstellung der Nockenwelle noch weitere Fertigungsprozesse erforderlich sind. Fügestellen für Antriebs -, Lager – und Steuerelemente, sowie die Flächen auf der Welle, wo die Zahn- bzw. Kettenräder ihren Sitz haben, müssen durch z. B. spanende Bearbeitung hergestellt werden. Diese Elemente werden in getrennten Fertigungsprozessen hergestellt und durch Fügen kraft – und formschlüssig auf der Nockenwelle befestigt. Die Herstellung der Elemente ist relativ kostenaufwendig und der Fügeprozeß erfordert durch die hohen Anforderungen an die Genauigkeit einen hohen mechanischen Aufwand.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung von Nockenwellen zu schaffen, welches gegenüber allen bekannten Verfahren weniger Verfahrensschritte erfordert, sowie eine geringe Fertigungszeit und damit geringe Kosten für zur Herstellung der einsatzfähigen Nockenwelle bedarf. Der Materialeinsatz soll gering sein, d.h. eine leichte Bauform soll die Nockenwelle auszeichnen und hohe Steifigkeit. Eine weitere Forderung an die zu schaffende Nockenwelle ist, die Anzahl der Einzelteile für die gesamte Nockenwelle zu reduzieren.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe nach den Merkmalen der Ansprüche 1 und 7 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Ansprüchen 2 bis 6 und 8 bis 13 beschrieben.

Das erfindungsgemäße Verfahren besteht im Wesentlichen darin, daß zwei oder mehrere bekannte moderne Fertigungsverfahren miteinander kombiniert werden. In einer ersten Verfahrensstufe wird ein Rohr aus einem Werkstoff, der die erforderlichen Eigenschaften für die Verformung und mechanischen Anforderungen erfüllt, durch das bekannte Kneten, auch Rollkneten genannt, an den Enden derart verformt, daß das oder die Nockenwellenenden plastisch umgeformt, also z.B. angedickt werden. An den Ende werden Formelemente für Antriebs- und Steuerelemente, z.B. der Sitz für Zahnräder geschaffen. In einer folgenden Verfahrensstufe wird durch Innenhochdruckverfahren das Rohr in dem Bereich, indem die Nocken angeordnet sind, aufgeweitet, wobei vorher in das IHU – Werkzeug die Tragringe entsprechend der Positionen der Nocken eingelegt werden.

Die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellte Nockenwelle besteht aus einer geringen Zahl von Einzelteilen. Sie zeichnet sich dadurch aus, daß an den Enden kein weiterer Fügeprozeß erforderlich ist, um die weitere Funktionselemente mit der Nockenwelle verbinden zu können. Mit Beendigung des Umformprozesses sind die Nockenringe kraft- und formschlüssig mit der Welle verbunden.

Die Vorteile des Verfahrens und der danach hergestellten Nockenwelle bestehen darin, daß bis auf die Tragringe die Nockenwelle aus einem Stück besteht. Das sog. Rundkneten oder Stauchen in Verbindung mit dem IHU – Verfahren erfordert im Gegensatz zu allen bekannten Herstellungsverfahren einen sehr geringen Fertigungsaufwand und damit auch geringe Kosten. Diese werden vor allem dadurch noch vermindert, daß die Anzahl der getrennt zu fertigenden Einzelteile sehr gering ist. Durch die Fertigung gemäß der Erfindung entfallen Fehlerquellen, die durch das bisherige Fügen von Endstücken auftreten konnten. Für den Einsatz der Nockenwelle ist von großer Bedeutung, daß sie leicht ist und trotzdem eine hohe Steifigkeit besitzt. Ein wesentlicher Vorteil des Verfahren besteht auch darin, daß durch den Knetprozeß Funktionselemente herstellbar sind, die in ihrer Geometrie, Maßhaltigkeit und Oberflächengüte und eine sehr geringe mechanische Nacharbeit erfordern. Es bedarf oft nur eines Schleifprozesses zur Fertigstellung.

An einem Ausführungsbeispiel wird die Erfindung beschrieben. Die zugehörige Zeichnung zeigt Teile einer Nockenwelle im Schnitt.

Die Herstellung der Nockenwelle erfolgt:

Ein Rohr 1 aus einem gut verformbaren Material wird an seinen Enden durch Rundkneten oder Stauchen verdickend verformt. Auf einer Seite wird dadurch sein Innendurchmesser  $D_i$  verringert und sein Außendurchmesser  $D_A$  hergestellt, so daß eine die Nockenwelle verstärkende Zone 2 entsteht. Am äußersten Ende entsteht ein Funktionselement 3, dessen Sitz durch Schleifen auf sein Endmaß gebracht wird.

Am anderen Ende wird ebenfalls durch Kneten oder Stauchen, zugleich mit dem Kneten des bereits beschriebenen Endes ebenfalls der Innendurchmesser  $D_i$  verringert und ein weiteres Funktionselement 3 (Lagersitz, Steuernocken usw.) geschaffen. Im folgenden Verfahrensschnitt wird auch der Bund 4 mit angestaucht, der zum Anflanschen anderer Aggregate erforderlich ist.

Nach der ersten Verfahrensstufe werden die in einem getrennten Verfahren hergestellten Tragringe 5, die der Form der Nocken entsprechen und das Kettenrad kraft- und formschlüssig durch IHU – Verfahren angebracht. Dazu werden die Tragringe 5 und das Kettenrad in das IHU – Werkzeug eingelegt.

Durch die IHU – Verformung wird in einer Preßform die Nockenwelle konturennah hergestellt, d.h. die Stellen, wo eine Nocke ihren Sitz hat, wird entsprechend den Abmessungen der Nocke und ihrer Lage ausgeformt. Die Welle mit ihrem Nocken ist ein einziger Hohlkörper. Das Umformwerkzeug wird axial geschlossen und radial kann die Krafteinleitung zur Umformung einsetzen. Die Krafteinleitung beginnt mit einer definierten axialen Kraft auf das Rohr und / oder das Werkzeug, unterstützt von einem definierten Innendruck im Rohr. In dem Prozeß erfolgt das form- und kraftschlüssige Verbinden von Welle und Tragring 5 und z.B. einem Kettenrad.

Es ist auch möglich im Innern des Tragringes 5 radial eine Rille einzubringen, wodurch der Halt auf dem Nocken verbessert wird, indem diese Rille sich mit dem Material der Welle ausfüllt. Möglich ist es auch, den Tragring 5 am Innendurchmesser mit Phasen zu versehen, die sich beim abschließenden IHU – Prozeß mit Material füllen.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Nockenwelle aus einem Rohr und Tragringen, die der Form der Nocken angepaßt sind, dadurch gekennzeichnet, daß in einer ersten Verfahrensstufe Bereiche, vorzugsweise Enden des Rohres, die außerhalb des Bereiches sind, in denen die Nocken ihren Sitz haben derart geknetet werden, daß diese aufgedickt und / oder verjüngt werden und dabei gleichzeitig Lagerflächen, Antriebs- und Steuerelemente gebildet werden, daß in einer unmittelbar folgenden Verfahrensstufe nach dem Innenhochdruck – Umformverfahren der Bereich des Rohres, in dem die Nocken ihren Sitz haben, aufgeweitet wird und vorher, in einem getrennten Verfahren hergestellte Tragringe in Form eines Nockens in das Innenhochdruck – Umformwerkzeug in der Lage der Nocken positionierbar eingelegt werden, und daß in einem letzten Verfahrensschritt in bekannter Weise die Lager der Nockenform auf das Endmaß geschliffen werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwischen den Nocken in der ersten Verfahrensstufe die Lagerflächen durch Kneten erzeugt werden, indem der Durchmesser in diesem Bereich vergrößert oder reduziert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwischen den Nocken in der zweiten Verfahrensstufe Lagerflächen durch Innenhochdruck – Umformen durch Aufweiten des Rohres erzeugt werden.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß vor dem Innenhochdruck – Umformen in das Umformwerkzeug Lagerringe, die in einem getrennten Verfahren hergestellt werden, eingelegt werden und dadurch kraft – und formschlüssig auf der Nockenwelle aufgebracht werden.
5. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Tragringe vor dem Einlegen in das Innenhochdruck – Umformwerkzeug in bekannter Weise gehärtet werden.
6. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein in einem getrennten Verfahren hergestelltes Zahn – oder Kettenrad in das Innenhochdruck – Umformwerkzeug eingelegt wird und durch das Innenhochdruck – Umformen kraft – und / oder formschlüssig verbunden wird.
7. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß nach dem Herstellen der verdickten oder verjüngten Enden der Nockenwelle durch Kneten in einem diesem Verfahrensschritt integrierten zusätzlichen Verfahrensschritt eine Innenverzahnung und / oder ein Gewinde hergestellt wird.

8. Nockenwelle, hergestellt nach Anspruch 1, als eine Hohlwelle, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Nockenwelle aus einem Rohr (1) besteht, dessen Enden durch Kneten derart verformt sind, daß durch Aufweiten oder Verjüngen der ursprünglichen Durchmesser (  $D_I$  ;  $D_A$  ) des Rohres (1) Lagerflächen (3), Antriebs – und / oder Steuerelemente und Innen – und / oder Außengewinde erzeugt sind und daß im Bereich des Sitzens der Nocken durch Innenhochdruck – Umformverfahren in einem getrennten Verfahren hergestellte Tragringe (5) kraft – und formschlüssig der Form und Stellung der Nocken entsprechend aufgebracht sind.
9. Nockenwelle nach Anspruch 8 und 9 , **dadurch gekennzeichnet**, daß die Antriebselemente , vorzugsweise Ketten – oder Zahnräder durch Innenhochdruck – Umformverfahren aufgebracht sind.
10. Nockenwelle nach Anspruch 8 und 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß in dem Tragring (5) und Antriebselementen mindestens eine radial verlaufende Rille angebracht ist.
11. Nockenwelle nach Anspruch 8 und 9 , **dadurch gekennzeichnet** , daß die dem Rohr (1) zugewandte Seite des Tragringes (5) und die Antriebselemente ein – oder beidseitig auf der dem Rohr (1) zugewandten Seite Fasen aufweist.
12. Nockenwelle nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Tragring (5) aus einem harten, verschleißfesten Material hergestellt ist.
13. Nockenwelle nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Tragring (5) vor dem Aufbringen auf den ausgeformten Nocken gehärtet ist.

## **Zusammenfassung**

### **Verfahren zur Herstellung einer Nockenwelle und danach hergestellte Nockenwelle**

Es sind verschiedene Verfahren zur Herstellung von Nockenwellen bekannt. Sie werden aus einem Stück durch Schmieden oder Gießen hergestellt, aus Teilen zusammengesetzt oder auch durch ein Innenhochdruck – Umformverfahren hergestellt. Alle Verfahren haben bedeutende Mängel, die darin bestehen, daß der Herstellungsprozeß zu aufwendig und damit zu kostenintensiv ist. Erfindungsgemäß wird das bekannte Knetverfahren mit dem IHU – Verfahren derart kombiniert, daß durch Kneten an den Enden Lager – , Antriebs - und Steuerelemente geschaffen werden. Im folgenden werden durch Innenhochdruck – Umformen vorgefertigte Tragringe und Ketten – oder Zahnräder kraft – und formschlüssig aufgebracht.

Neben den Hauptanwendungsgebiet Nockenwellen, kann das erfindungsgemäße Verfahren auch zur Herstellung von Wellen mit Kurvenscheiben usw. angewendet werden.



